

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-084214  
 (43)Date of publication of application : 28.03.1997

(51)Int.CI. B60L 13/06  
 F16C 32/04

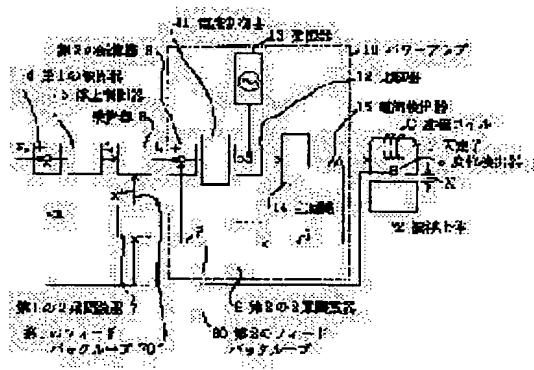
(21)Application number : 07-262549 (71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP  
 (22)Date of filing : 13.09.1995 (72)Inventor : ISHIDA KIYOSHI

## (54) MAGNETIC LEVITATION CONTROLLER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stabilize a control system by a method wherein the difference between the output signal of a first feedback loop and the output signal of a second feedback loop is obtained by a subtracter and a power to support the levitated pair of a stator is made to be in the linear function of the output signal of a levitation controller.

**SOLUTION:** A power amplifier 10 controls so as to have the value ( $i_2$ ) which is obtained by squaring an exciting current signal ( $i$ ) detected by a current detector 15 by a second square function device 9 equal to the output signal ( $i_S$ ) of a multiplier 6 by using a second substracter 8. That is, if the output signal ( $i_S$ ) and the square ( $i_2$ ) of the exciting current ( $i$ ) of an exciting coil C are inputted to the second deductor 8 and ( $k_i$ ) is a constant, a relation  $i_2 = k_i \cdot i_S$  is obtained. On the other hand, if the output of a levitation controller 5 is denoted by ( $f_S$ ), a relation  $i_S = f_S \cdot x_2$  is obtained. That is, the power amplifier 10 applies the proportional control to the output signal  $f_S$  of the levitation controller 5 so as to make the ratio  $i_2 / i_S = k_i$  one. As a result, a levitation force which is proportional to the output signal ( $f_S$ ) of the levitation controller 5 is obtained and the proportional control is applied to the levitation force, a control system can be stabilized.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-84214

(43)公開日 平成9年(1997)3月28日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>  
B 6 0 L 13/06  
F 1 6 C 32/04

識別記号 庁内整理番号

F I  
B 6 0 L 13/06  
F 1 6 C 32/04

技術表示箇所  
A  
A

審査請求 未請求 請求項の数1 FD (全3頁)

(21)出願番号 特願平7-262549

(22)出願日 平成7年(1995)9月13日

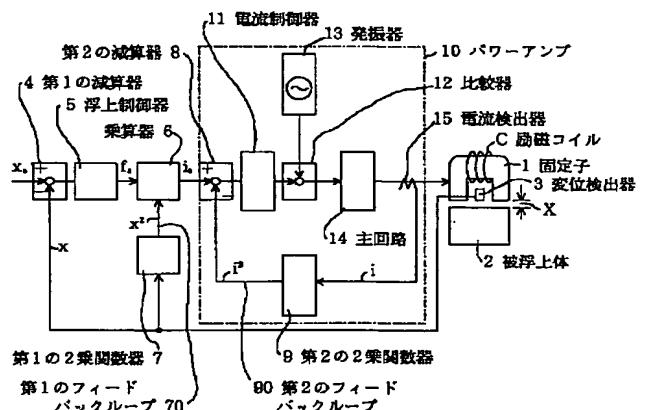
(71)出願人 000006622  
株式会社安川電機  
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
(72)発明者 石田 精  
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
株式会社安川電機内

(54)【発明の名称】 磁気浮上制御装置

(57)【要約】

【目的】制御系が安定し、応答性と支持剛性が高い磁気浮上制御装置を提供することを目的とする。

【構成】空隙信号 $x$ と浮上位置指令信号 $x_S$ との差に基づいて、浮上制御器5により位相を制御し、励磁電流信号 $i$ と浮上制御器5の出力信号の差により、パワーアンプ10を介し励磁コイルCの励磁電流を制御し、被浮上体2を浮上する磁気浮上制御装置において、空隙信号 $x$ を2乗演算する第1の2乗関数器7とその出力信号 $x^2$ と浮上制御器5の出力信号 $f_S$ を乗算する乗算器6よりなる第1のフィードバック・ループ70と、励磁電流信号 $i$ を2乗演算する第2の2乗関数器9よりなる第2のフィードバック・ループ90と、第1のフィードバック・ループ70の出力信号と第2のフィードバック・ループ90の出力信号の差をとる減算器8により浮上制御器5の出力信号 $f_S$ に対し浮上力を比例制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 変位検出器が検出した空隙信号と浮上位置指令信号との差に基づいて位相を制御する浮上制御器と、電流検出器の検出した励磁電流信号と前記浮上制御器の出力信号の差をとる減算器と、この減算器の出力信号を入力信号とする電流制御器を備えたパワーアンプを介し、電磁石の励磁電流を制御し、電磁石よりなる固定子と空隙を介し対向させた磁性体の被浮上体を浮上する磁気浮上制御装置において、

前記空隙信号を2乗演算する第1の2乗関数器と、この第1の2乗関数器の出力信号と前記浮上制御器の出力信号を乗算する乗算器よりなる第1のフィードバック・ループと、

前記励磁電流信号を2乗演算する第2の2乗関数器よりなる第2のフィードバック・ループとを備え、

前記減算器が、前記第1のフィードバック・ループの出力信号と前記第2のフィードバック・ループの出力信号の差をとる減算器であることを特徴とする磁気浮上制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【001】

【産業上の利用分野】 本発明は、磁気浮上制御装置に関する。

## 【002】

【従来の技術】 従来、変位検出器の検出した空隙信号と浮上位置指令信号との差に基づいて位相を制御し、パワーアンプを介して、電磁石の励磁電流を制御し、電磁石よりなる固定子と空隙を介し対向させた磁性体の被浮上体を浮上する磁気浮上制御装置がある。ところが、電磁石の磁気吸引力が励磁電流信号および空隙信号に対し非線形特性をもつたため、安定した制御系を得難かった。非線形特性を補償するものとして、浮上制御器の後段にルート演算器と、このルート演算器の出力信号と空隙信号を乗算してパワーアンプに信号を送る乗算器を設けたものがある（例えば、特開昭61-52411号公報）。また、変位検出器の検出した空隙値に基づいて、パワーアンプを介し、磁気軸受の電磁石の励磁電流を制御する際に、駆動電圧の帯域を補償するものとして、変位検出器の検出した空隙値と電磁石のコイル電流値からロータと電磁石の間の磁束密度を演算する演算手段を備え、この演算手段による磁束密度の演算値とコイル電流値をパワーアンプにフィードバックするものがある（例えば、実開平5-79041号公報）。

## 【003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、前者の従来の技術では、ルート演算器が入力信号がゼロに近づくにつれゲインが無限大となり、位相遅れが大きくなり、応答性と支持剛性が低下するという問題がある。また、後者の従来の技術では、回転体と電磁石との間の磁束密度とコイル電流値を直接電磁石のパワーアンプに入力して

いるため、軸受の浮上力と位相制御の指令信号の関係が非線形となり、基準位置で制御系の各パラメータを設定しても、外乱が加わって浮上位置や電流が変化すると、ループゲインが変化して当初安定していた系が不安定になって、浮上できなくなるという問題があった。そこで、本発明は、制御系が安定し、応答性と支持剛性が高い磁気浮上制御装置を提供することを目的とする。

## 【004】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、空隙信号 $x$ を検出する変位検出器3と、前記空隙信号 $x$ と浮上位置指令信号 $x_s$ との差に基づいて浮上制御器5によって位相を制御し、電流検出器15の検出した励磁電流信号 $i$ と浮上制御器5の出力信号の差をとる減算器とその出力信号を入力信号とする電流制御器11を備えたパワーアンプ10を介し、励磁コイルCの励磁電流 $i$ を制御し、電磁石よりなる固定子1と空隙を介し対向させた磁性体の被浮上体2を浮上する磁気浮上制御装置において、前記変位検出器3の検出した空隙信号 $x$ を2乗演算する第1の2乗関数器7と、前記第1の2乗関数器7の出力信号と前記浮上制御器5の出力信号 $f_s$ を乗算する乗算器6よりなる第1のフィードバック・ループ70と、前記電流検出器15の検出した励磁電流信号 $i$ を2乗演算する第2の2乗関数器9よりなる第2のフィードバック・ループ90とを備え、前記減算器が、前記第1のフィードバック・ループ70の出力信号と前記第2のフィードバック・ループ90の出力信号の差をとる減算器8であることを特徴とする。

## 【005】

【作用】 上記手段により、第1のフィードバック・ループ70の出力信号と前記第2のフィードバック・ループ90の出力信号を減算器8により差をとることにより、固定子1が被浮上対2を支持する力 $F$ を浮上制御器5の出力信号 $f_s$ に対し線形化する。パワーアンプ10は、乗算器6の出力信号と第2の2乗関数器9の出力信号の差がなくなるように励磁電流の2乗相当量を比例制御する。

## 【006】

【実施例】 以下に、本発明の実施例を図1に基づいて説明する。1は励磁コイルCを巻線した電磁石からなる固定子である。2は固定子1と空隙を介し対向させた、磁性体の被浮上体である。3は固定子1側に設けた、空隙信号を検出する変位検出器である。4は変位検出器3の検出した空隙信号 $x$ と浮上位置指令信号 $x_s$ の差をとる第1の減算器である。5は第1の減算器4の出力信号を入力信号として位相を補償する浮上制御器である。6は浮上制御器5の出力信号 $f_s$ を一方の入力信号とし、変位検出器3の空隙信号 $x$ を2乗演算する第1の2乗関数器7の出力信号 $x^2$ を他方の入力信号とする乗算器である。変位検出器3、第1の2乗関数器7と乗算器6で第1のフィードバック・ループ70を構成する。9は電流

検出器 15 の検出した励磁電流信号  $i_1$  を 2 乗演算する第 2 の 2 乗関数器である。電流検出器 15 と第 2 の 2 乗関数器 9 で第 2 のフィードバック・ループ 90 を構成する。第 2 の減算器 8 では、乗算器 6 の出力信号  $i_S$  と第 2 の 2 乗関数器 9 の出力信号  $i_2$  の差がとられる。第 2 の減算器 8 の出力信号を電流制御器 11 に入力する。電流制御器 11 の出力信号は発振器 13 の出力信号と比較器 12 で比較され、その出力信号を主回路 14 に入力する。主回路 14 は励磁コイル C に励磁電流  $i_1$  を出力する。

【007】以下に、動作を説明する。パワーインプ10は、第2の減算器8により、電流検出器15が検出した励磁電流信号*i*を第2の2乗関数器9で2乗した*i*<sup>2</sup>と乗算器6の出力信号*i<sub>S</sub>*が等しくなるように制御される。即ち、第2の減算器8の入力信号*i<sub>S</sub>*、励磁コイルCの励磁電流を*i*、*k<sub>i</sub>*を定数としたとき、*i*<sup>2</sup> = *k<sub>i</sub>* · *i<sub>S</sub>* の関係が得られる。一方、浮上制御器5の出力を*f<sub>S</sub>*としたとき、乗算器6と第1の2乗関数器7の働きで、*i<sub>S</sub>* = *f<sub>S</sub>* · *x*<sup>2</sup> の関係が得られる。ここで、固定子1の浮上力Fと空隙値Xの関係は、Kを定数としたとき、*F* = *K* · (*I* / *X*)<sup>2</sup> の関係があるから、変位検出器3の変換比を *k<sub>P</sub>* = *x* / *X* とすると、*F* = *K* · *k<sub>i</sub>* · *k<sub>P</sub>*<sup>2</sup> · *f<sub>S</sub>* の関係が得られる。すなわち、パワーインプ10は、浮上制御器5の出力信号 *f<sub>S</sub>* に対し、*i*<sup>2</sup> / *i<sub>S</sub>* = *k<sub>i</sub>* が1になるように比例制御される。その結果、浮上制御器5の出力信号 *f<sub>S</sub>* に比例した浮上力Fが得られる。また、2乗関数器によりフィードバック・ループを構成したので、位相遅れが少なくなる。

[008]

【発明の効果】上記の構成により、下記の効果がある。  
(1) 浮上力が比例制御されるので、制御系が安定する。

(2) 位相遅れの少ないフィードバック・ループを構成したので、制御系の応答性が高まるとともに、支持剛性が高まる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示すブロック図

## 【符号の説明】

1 固定子  
 2 被浮上体  
 3 変位検出器  
 4 第1の減算器  
 5 浮上制御器  
 6 乗算器  
 7 第1の2乗関数器  
 7 0 第1のフィードバック・ループ  
 8 第2の減算器  
 9 第2の2乗関数器  
 9 0 第2のフィードバック・ループ  
 1 0 パワー・アンプ  
 1 1 電流制御器  
 1 2 比較器  
 1 3 発振器  
 1 4 主回路  
 1 5 電流検出器

〔三〕

